

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

**Modernizace úlohy měření průtoku kapalin laboratoře senzorů a měření
neelektrických veličin s použitím prostředků virtuální instrumentace**

**Modernization of liquid flow measurement in laboratory of sensors and
non-electric quantities using virtual instrumentation approach**

***** Vložit oficiální zadání diplomové práce. Okopírovat oboustranně. *****

Zde bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli při tvorbě práce, zvláště pak panu Ing. Tomáši Wittasskovi, Ph.D. za vytrvalou koordinaci a pomoc.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 5. května 2011

.....

Jméno Příjmení

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá modernizací laboratorní úlohy v laboratoři senzorů. Jedná se především o úlohu měření průtoku. Ke stávající úloze bude přidána měřicí karta, která bude tvořit hlavní hardwarovou část, která umožní přenášet naměřené hodnoty do PC. V PC bude vytvořen program ke zpracování získaných dat z měřicí karty. Program bude vytvořen v prostředcích virtuální instrumentace, především v programu LabVIEW.

KLÍČOVÁ SLOVA

LabVIEW, průtokoměr, NI USB 8009, Hameg HM8123

ABSTRACT

This thesis is focused on the modernization of laboratory tasks in the sensors laboratory, namely on flow measurement. The current measurement card is added which constitutes the hardware part transmitting measured data to a PC. A PC programme is created to process data obtained from the measuring card. The programme is made in virtual instrumentation devices, especially in LabVIEW.

KEY WORDS

LabVIEW, flowmeter, NI USB 8009, Hameg HM8123

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Δp	-	diferenční tlak
Δp_z	-	trvalá tlaková ztráta
β	-	úhel rozšiřování trubice
η	-	viskozita tekutiny
ρ	-	hustota tekutiny
τ	-	jednotka času
A/D	-	analogově/digitální převodník
$AGND$	-	země
B	-	magnetická indukce
COM	-	sériový port počítače
D	-	průměr potrubí
DAQ	-	Data acquisition
$DIFF$	-	diferencial, měří rozdíl napětí mezi dvěma kanály
$Ethernet$	-	síťové rozhraní
GND	-	země
$GNDIO$	-	země
$GPIB$	-	General Purpose Interface Bus
HW	-	označuje veškeré fyzicky existující technické vybavení PC (Hardware)
$LabVIEW$	-	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
MAX	-	Measurement & Automation Explorer
NI	-	National Instruments
PC	-	osobní počítač (Personal Computer)
Q_v	-	objemový průtok, objemové množství
$RS232$	-	sériový port (Recommended Standard 232)
RSE	-	single-ended, měří napětí proti svorce AGND
S	-	průřez potrubí
SW	-	programové vybavení počítače (software)
U_i	-	indukované napětí
USB	-	univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus)
V	-	objem
VI	-	virtual instrument
$Wifi$	-	bezdrátová komunikace (Wireless Ethernet Compatibility Alliance)

$d1$	- průměr škrtícího orgánu
$d2$	- průměr potrubí
dh	- výška plováku
dp	- průměr plováku
k	- konstanta primárního prvku průtokoměru
l	- délka
$p1$	- statický tlak před
$p2$	- statický tlak za
ps	- vstupní tlak
vp	- rychlost proudění
vs	- střední hodnota proudění tekutiny v daném průřezu

OBSAH

ÚVOD.....	1
1 PROBLEMATIKA MĚŘENÍ.....	2
1.1 Tekutiny.....	2
1.1.1 Definice kapaliny	2
1.1.2 Definice plynu	2
1.2 Proudění.....	2
1.2.1 Laminární	3
1.2.2 Turbulentní.....	3
1.3 Základní metody měření průtoku	4
1.3.1 Měření rozdílu tlaku před a za primárním prvkem průtokoměru.....	4
1.3.2 Měření objemového průtoku	5
1.3.3 Měření hmotnostního průtoku	6
1.3.4 Měření rychlosti průtoku.....	6
1.4 Požadavky pro vhodný výběr snímače	7
2 PRŮTOKOMĚRY	9
2.1 Průtokoměry použity v modelu	9
2.1.1 Plováчковý průtokoměr	9
2.1.2 Indukční průtokoměr.....	10
2.1.3 Turbínový (lopatkový) průtokoměr.....	12
3 VIRTUÁLNÍ INSTRUMENTACE	14
3.1 Úvod	14
3.2 Virtuální přístroj	14
3.2.1 Sběr dat.....	14
3.2.2 Analýza (zpracování) dat	15
3.2.3 Prezentace dat.....	15
3.3 Hardware	15
3.4 Software.....	16
3.4.1 LabVIEW	16
3.4.2 Programovací prostředí	16
4 PRAKTICKÁ ČÁST.....	18
4.1 Stávající úloha	18
4.2 Návrh řešení s využitím virtuální instrumentace	20
4.2.1 První návrh řešení	20
4.2.2 Druhý návrh řešení.....	20

4.3	Použité přístroje a jejich parametry	21
4.3.1	Měřicí karta NI USB 6009	21
4.3.2	Čítač HAMEG HM8123	23
5	PROGRAM V PROSTŘEDÍ LABVIEW	25
5.1	Požadavky na program	25
5.1.1	Konfigurace měřicí karty NI USB 6009	25
5.1.2	Konfigurace čítače HAMEG HM8123	25
5.1.3	Zpracování naměřených dat	25
5.1.4	Ukládání dat	25
5.2	Ovládání programu	25
5.3	Rozdělení částí programu	26
5.3.1	Načítání inicializačních dat	26
5.3.2	Hlavní část	27
5.3.3	Ukládání změn do inicializačního souboru	30
5.4	Nastavení karty v PC	31
5.4.1	DAQ (Data AcQuisition)	31
5.4.2	MAX (Measurement a Automation Explorer)	31
	ZÁVĚR	32
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	33
	SEZNAM OBRÁZKŮ	34
	SEZNAM TABULEK	35
	SEZNAM PŘÍLOH	36

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá modernizací laboratorní úlohy měření průtoku kapalin v laboratoři senzorů a měření neelektrických veličin s použitím prostředků virtuální instrumentace. V laboratoři je sestaven model otevřeného vodního okruhu, na němž se nachází tři snímače průtoku. Z těchto snímačů jsou pouze dva elektrické. Ke stávající úloze připojíme A/D převodníkovou kartu od National Instruments Corporation (NI USB-6009), která bude tvořit hlavní hardwarovou část. Karta je připojena k počítači přes USB rozhraní. V PC bude k dispozici aplikace s vizualizací pro snadnější vyhodnocení dat. Program bude vytvořen s pomocí prostředků virtuální instrumentace, a proto bude software napsán v programu LabVIEW, který je součástí produktů společnosti National Instruments.

1 PROBLEMATIKA MĚŘENÍ

1.1 Tekutiny

Pod tímto pojmem se rozumí různá tělesa, která přizpůsobují svůj tvar objemu tělesa, v němž se samy nacházejí. Částice, z nichž se tekutina skládá, se mohou snadno mezi sebou pohybovat oproti pevným látkám, které samy drží svůj tvar. Tekutiny můžeme rozdělit na kapaliny a plyny. [2]

1.1.1 Definice kapaliny

Kapalná tělesa snadno mění svůj tvar podle tvaru nádoby, v níž se nacházejí, ale zachovávají si stálý objem. Ideální kapalinou rozumíme těleso, které je dokonale tekuté a zcela nestlačitelné. [2]

1.1.2 Definice plynu

Plynná tělesa snadno mění svůj tvar i objem podle tvaru nádoby, v níž se nacházejí. Ideální plyn je dokonale tekutý a dokonale stlačitelný. [2]

1.2 Proudění

Průtokoměry jsou závislé na druhu proudění tekutiny v potrubí, a proto je rozdělujeme na dva druhy: laminární a turbulentní. Kritérium určující druh proudění je Reynoldsovo číslo Re , pro které platí:

$$Re = \frac{v_s \cdot d}{\nu} \quad (1)$$

kde v_s - střední hodnota rychlosti proudění tekutiny v daném průřezu
 d - průměr trubice
 ν - viskozita tekutiny

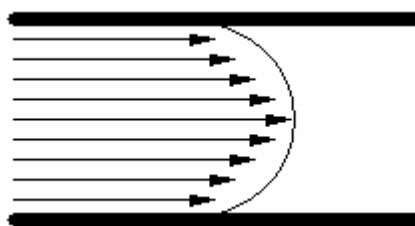
Reynoldsovo číslo je důležité i v dalších oborech fyziky, např. při studiu odporu, který vzniká při proudění tekutin okolo těles, v tzv. aerodynamice.

Kritická hodnota proudění se určuje experimentálně, a to pro každý druh tekutiny; záleží i na typu potrubí, ve kterém se nachází. Kritická hodnota se nachází okolo hodnoty Re 2000 až 4000. Tvoří přechodovou hranici mezi laminárním a turbulentním prouděním. [3], [7]

1.2.1 Laminární

Tekutina proudící v potrubí na sebe navzájem působí třecí silou, která se nemíchá do dalších vrstev proudění, a proto se tekutina pohybuje po tzv. dráze (destičce), která se nikde neprotíná s ostatními drahami.

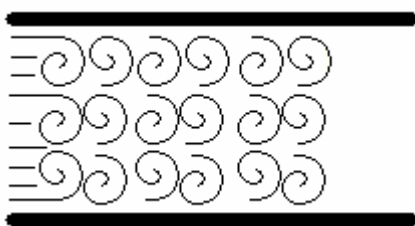
Největší rychlost je ve středové ose proudění kapaliny, kde není moc velký odpor okolního prostředí a nejpomalejší je v krajích, kde na ni působí velké třecí síly potrubí i kapaliny. Laminární proudění vzniká, je-li Reynoldsovo číslo < 2000 . [3], [7]



Obr.01: Laminární proudění

1.2.2 Turbulentní

Tekutiny proudící v potrubí mezi sebou chaoticky víří. Dochází k vířivému pohybu, protože jedna z drah je ovlivněna dráhou proudící v její blízkosti; tyto dráhy se neustále křížují. Turbulentní proudění vzniká při rychlém průtoku tekutiny nebo při různých změnách toku, např. u záhybů potrubí či při různých redukcích toku. Turbulentní proudění vzniká, je-li Reynoldsovo číslo > 4000 . [3], [7]



Obr.02: Turbulentní proudění

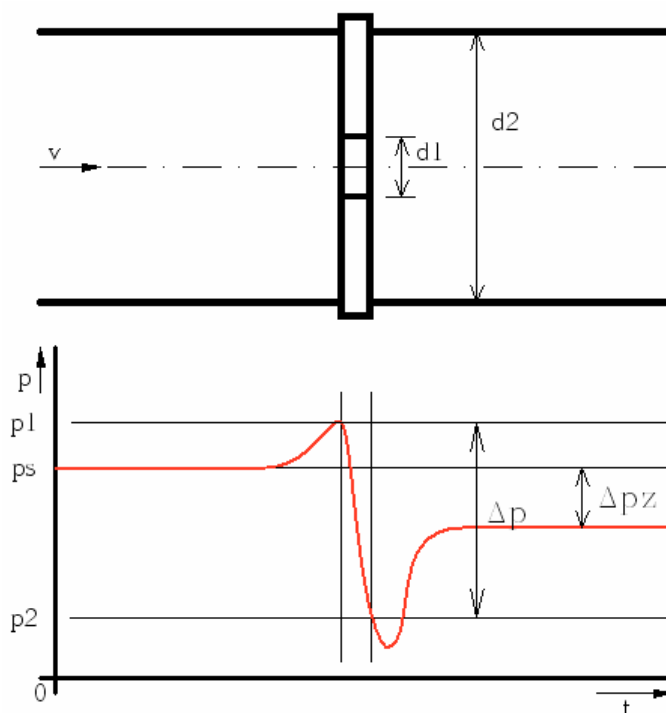
1.3 Základní metody měření průtoku

Měření průtoku se dá rozdělit podle různých hledisek. Každý z průtokoměrů využívá jednu z těchto metod pro nalezení hodnoty průtoku. Mezi základní metody měření průtoku tekutin patří:

- měření rozdílu tlaku
- měření rychlosti proudění
- měření objemu
- měření hmotnosti.

1.3.1 Měření rozdílu tlaku před a za primárním prvkem průtokoměru

Měření difference tlaku se používá především u všech škrtících orgánů (clona, dýza). Tato varianta je v průmyslu nejrozšířenější, a to především pro její jednoduchost. Do potrubí je vložen škrtící orgán. Před clonu se vloží tlakové čidlo měřící statický tlak tekutiny před vstupem do škrtícího průřezu. Za clonu se vloží druhé tlakové čidlo měřící tlakovou ztrátu přes zúžený profil. Nad měřeným potrubím je umístěn diferenční člen, porovnávající rozdíl tlaků. Naměřená hodnota je zobrazena na displeji. [1], [3], [4], [6]



Obr.03: Řez potrubím a průběh tlakové difference před a za clonou

kde	v	- rychlost proudění tekutiny
	$d1$	- průměr škrťacího orgánu
	$d2$	- průměr potrubí
	p_s	- vstupní tlak
	$p1$	- tlak před clonou
	$p2$	- tlak za clonou
	Δp	- diferenční rozdíl mezi $p1$ a $p2$
	Δp_z	- trvalá tlaková ztráta

Nejčastěji používané typy škrťacích orgánů:

- Clona
- Dýza
- Venturiho trubice

Vzniklé tlakové rozdíly při proudění popisuje Bernoulliho rovnice vyjadřující zákon o zachování mechanické energie v tekutinách. S nárůstem rychlosti proudící tekutiny klesá tlak v potrubí, a to pouze tehdy, když do systému vložíme přepážku (clonu). Rychle proudící tekutině stoupne kinetická energie, avšak při průchodu překážkou vznikne razantní pokles statického tlaku a také pokles potenciální energie. Diference tlaků vzniklá před a za překážkou je přímo rozdílná druhé mocnině rychlosti proudění. Tlaky jsou závislé na tvaru překážky, kterou prochází tekutina. [1], [3], [4], [6]

$$v = k \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta p}{\rho}} \quad (2)$$

kde	v	- rychlost proudění tekutiny
	k	- konstanta primárního prvku průtokoměru
	Δp	- diferenční tlak
	ρ	- hustota tekutiny

1.3.2 Měření objemového průtoku

Toto měření měří objem tekutiny procházející potrubím za jednotku času. U průtokoměru známe přesně objem vnitřního prostoru určený pro tekutinu. Při správném měření by měla tekutina zaplňovat celý objemový prostor, ale ne vždy tomu tak je. Při měření objemu musíme často provádět korelaci z toho důvodu, že proudící médium mění svůj tlak i teplotu. Při proudění plynů se korelace musí provádět hodně často kvůli stlačitelnosti plynu. Tyto průtokoměry mají svá počítadla, která ukazují celkový průtokový

objem. V průmyslové praxi se setkáme s velkým počtem objemových průtokoměrů, které budou mít různé vnitřní objemové prostory, lopatky a tvary. Tyto průtokoměry mají i své nevýhody, a to především v mechanických prvcích obsahujících pohyblivé části, které nejsou vhodné pro znečištěné tekutiny. Další nevýhodou jsou tlakové ztráty. Díky špatné těsnosti mechanické části jsou nevhodné pro měření plynů. [1], [3], [4], [6]

$$Q_v = \frac{V}{\tau} = S \cdot v \quad (3)$$

kde Q_v - objemové množství
 V - objem dodávaný
 τ - jednotka času
 v - střední rychlost proudění tekutiny

1.3.3 Měření hmotnostního průtoku

Měříme hmotnost tekutiny, která proteče za určitý časový interval. Z objemového průtoku můžeme jednoduše zjistit hmotnostní průtok, a to jen tehdy, pokud známe hustotu proudící tekutiny. Tato metoda je nepřímá, protože nemá žádný kontakt s měřenou kapalinou, a proto se dá spočítat matematicky. Jako metoda přímá se využívají tepelné průtokoměry a průtokoměry založené na Coriolisově principu. [1], [3], [4], [6]

$$Q_m = Q_v \cdot \rho = S \cdot v \cdot \rho \quad (4)$$

kde S - průřez potrubí
 v - rychlost proudění tekutiny
 ρ - hustota tekutiny

1.3.4 Měření rychlosti průtoku

Tato metoda zjišťuje objemový průtok ze střední rychlosti proudící tekutiny.

$$Q_v = \bar{v} \cdot S \quad (5)$$

kde \bar{v} - střední rychlost proudění tekutiny
 S - průřez potrubí

Signál z výstupu snímače je lineárně závislý na průtoku tekutiny. Snímače založené na principu měření rozdílů tlakové difference mají kvadratickou závislost. Při použití tohoto měření se snižuje riziko chyb. Průtokoměry pracující na tomto principu jsou vírové, turbínové, ultrazvukové.

1.4 Požadavky pro vhodný výběr snímače

Pro správný výběr snímače musíme zvažovat mnoho různých vlivů. Je důležité především si uvědomit jakou látku budeme měřit (plyn, kapalina, pára). Dále, jaká bude její pracovní činnost. Jestli se bude měření provozovat pouze jednou nebo jeho provoz bude trvalý. Může být i laboratorní, třeba pro testování nebo může být provozní. Podle vlastností proudící kapaliny, jako jsou především teplota, tlak, viskozita a hustota. Je důležité vědět, kde se bude nacházet měřící místo a jestli bude kanál otevřený nebo to bude potrubí. S tímto jsou spojeny další vlastnosti (parametry), a to především průměr potrubí, náběhová délka atd. Musíme brát v potaz rušivé vlivy senzoru, např. trvalou ztrátu tlaku nebo časové zpoždění. Naměřené hodnoty musíme někde indikovat, a to tak, že je můžeme zobrazovat přímo v místě měření nebo je někde zapisovat. Výstupní signály ze senzoru mohou být analogové i digitální. Dalším důležitým aspektem při výběru vhodného snímače je vyhodnocování, které může být hmotnostní nebo objemové. Důležitá je i přesnost měření, kterou získáme korelací dané metody.

Tabulka I: Výběr průtokoměru pro danou aplikaci – Kapaliny

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Čisté (voda)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X
Pomalou proudící (<2l/min)	X	X	X	X	O	X	?	X	X	?	O	O
Rychle proudící (>20l/min)	X	O	?	X	?	X	X	O	O	O	O	X
Nevodivé (oleje)	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	O	O
Velké potrubí (DN>500)	X	O	O	?	O	X	X	O	O	X	O	X
Horké (>200°C)	X	?	O	X	X	O	?	X	?	X	O	O
Viskozní (>50cP)	?	O	X	O	O	X	?	X	O	?	O	O
Kryogenické	O	O	X	X	O	X	X	X	O	X	O	O
Potraviny	O	O	X	X	O	X	X	X	O	O	O	O

Tabulka II: Výběr průtokoměru pro danou aplikaci – Plyny

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Obecné	X	X	?	X	X	O	?	X	X	?	O	O
Pomalou proudící (<20l/min)	?	X	X	?	O	O	O	X	X	X	O	O
Rychle proudící (>20l/min)	X	O	O	O	?	O	O	O	X	?	O	O
Horké (>200°C)	X	O	O	O	X	O	?	?	?	X	O	O
Páry	X	O	O	O	X	O	?	?	O	X	O	O

Tabulka III: Výběr průtokoměru pro danou aplikaci – Směsy

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Kaše	?	O	O	O	O	X	?	?	O	O	O	O
Směs kapalin	X	O	?	?	X	?	?	X	O	?	O	O
Směs plyn/kapalina	O	O	O	O	O	?	O	?	O	O	O	O
Kaly	?	O	O	O	O	X	O	O	O	?	X	O
Prášky/zrna	O	O	O	O	O	O	O	O	O	?	X	O

Tabulka IV: Výběr průtokoměru pro danou aplikaci – Otevřené kanály

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Obecné	O	O	O	O	O	X	O	O	O	X	O	X
Odpadové	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	X
Zavlažovací	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	X

X – vhodné

O – nevhodné

? – vhodné za určitých podmínek

S1 – DP - škrťící orgány

S2 – DP - jiného typu (plováčky)

S3 – Terčíky

S4 – Turbíny

S5 – Vírové/fluidické

S6 – Elektromagnetické (indukční)

S7 – Ultrazvukové

S8 – Coriolisovy

S9 – Tepelné

S10 – Jiné (vážení, rad. záření)

S11 – Průtokoměry pevných částic

S12 – Otevřené kanály

Jak můžeme vidět v tabulkách, nikdy nemůžeme na všechno použít jeden typ snímače. Respektive neexistuje žádný typ průtokového snímače, který by se dal použít na všechny měřené látky. Tabulky byly vytvořeny na základě osvědčených metod pro měření průtoku.

Pro výběr správného průtokoměru využívají firmy především dotazníkovou formu, v níž zjistí všechny důležité informace. Pomocí nich navrhnou druh snímače, který bude použit. [3], [6]

2 PRŮTOKOMĚRY

Jsou to zařízení, která se v průmyslové automatizaci řadí mezi první tři nejpoužívanější. Měří se rychlost průtoku nebo průtočné množství tekutiny za určitý čas. Informace z měření se dají rychle použít v regulačních okruzích, např. k dávkování vstřikovacího lisu. Nejčastěji se využívají v uzavřeném potrubí otevřeného vodního toku. Nevýhoda průtokoměrů vložených do měřené soustavy je tlaková ztráta, která je dána odporem měřicího zařízení. Průtokoměrů se používá velké množství, proto uvedu převážně funkci těch, které se nachází v modelu.

2.1 Průtokoměry použity v modelu

2.1.1 Plováčkový průtokoměr

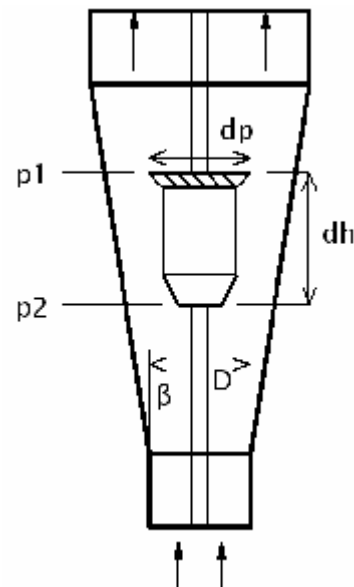
Plováčkový průtokoměr, který ke svému měření využívá tzv. plováky, které jsou nadnášeny proudící tekutinou. Je složen z kuželovité nádoby mající svislou polohu. Dolní část je menšího průřezu, směrem nahoru se průřez zvětšuje. Nádobka může být vyrobena jak ze skla, tak z kovu. Uprostřed nádoby je svislá vodící tyč, po které se pohybuje plováček. Při proudění měřené látky se pohybuje plováček směrem zespodu nahoru a udržuje se ve výšce úměrné rychlosti proudění proudící látky. Kuželovitá nádoba má úhel β v rozsahu od 0° do 12° .

Uvnitř nádoby se mohou nacházet dva typy plováků, a to stabilní nepotřebují vodící tyč a nestabilní, které ji potřebují. Tento typ průtokoměrů se používá především pro laboratorní měření jak plynů, tak kapalin. Dají se použít i v průmyslu jako limitní snímače.

Pokud je nádoba vyrobena ze skla, nachází se měřidlo na její vnější straně. Bude-li z kovu, musí být použity snímače na snímání polohy plováku. Měření se provádí bezkontaktně, odporovým, induktivním, kapacitním nebo fotoelektrickým senzorem. [3], [5]

Tabulka V: Rozsahy tekutin pro plováčkové průtokoměry

	Rozsah [m ³ /h]		Teplota [°C]	Tlak [MPa]	Chyba měření	Tlaková ztráta [kPa]
Kapaliny	od $1,3 \cdot 10^{-7}$	do 45	do 400	do 40	1 až 2%	kolem 7
Plyny	od $1,5 \cdot 10^{-5}$	do 1900	do 400	do 40	1 až 2%	kolem 2

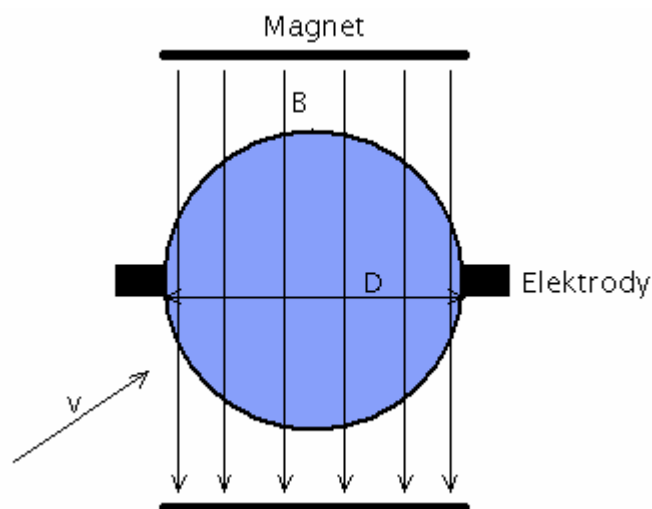


Obr.04: Plováчковý průtokoměr v modelu a jeho schéma

- kde
- $p1$ - statický tlak nad plovákem
 - $p2$ - statický tlak pod plovákem
 - dp - průměr plováku
 - D - průměr trubice
 - β - úhel rozšiřování trubice
 - dh - výška plováku

2.1.2 Indukční průtokoměr

Jsou to přístroje založené na platnosti Faradayova zákona. Na potrubí je připevněn magnet, který vytváří magnetické pole. Pole je kolmé na proudící tekutinu. Po stranách potrubí se nachází elektrody, na kterých se snímá naindukované napětí. Proudící tekutina nahrazuje vodič v magnetickém poli. Konstrukce tohoto průtokoměru je postavena tak, aby zajišťovala konstantní magnetický tok procházející tekutinou. Měření probíhá bezdotykově, proto nemá vliv na proudící tekutinu.



Obr.05: Indukční průtokoměr v modelu a jeho princip

$$U_i = B \cdot l \cdot v = B \cdot D \cdot \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot D^2} \quad (6)$$

- kde
- B - magnetická indukce
 - l - délka
 - v - rychlost proudění
 - D - průměr potrubí
 - Q_v - objemový průtok
 - U_i - indukované napětí

Magnetické pole v průtokoměru bývá vytvořeno:

- stejnosměrným proudem – nevýhoda tohoto řešení je, že je zapotřebí velkých proudů a vzniká na elektrodách polarizace
- střídavým proudem – nevýhoda fázových posunů
- impulsním proudem – nejpoužívanější řešení, napětí se snímá v průběhu periody buzení i v průběhu periody ve vypnutém buzení, vyhodnocením těchto dvou buzení se eliminují všechny stavy rušení.

Průtokoměr umožňuje měřit jak vodivé tak nevodivé tekutiny. Pro správné měření je potřeba dodržet několik základních podmínek:

- kapalina musí zaplnit celý měřicí prostor,
- vodivost kapaliny musí být větší než $5 \cdot 10^{-6}$ S/m,
- rychlost proudění musí být přes 0,5 m/s,
- zajištění dostatečně rovného potrubí před a za průtokoměrem.

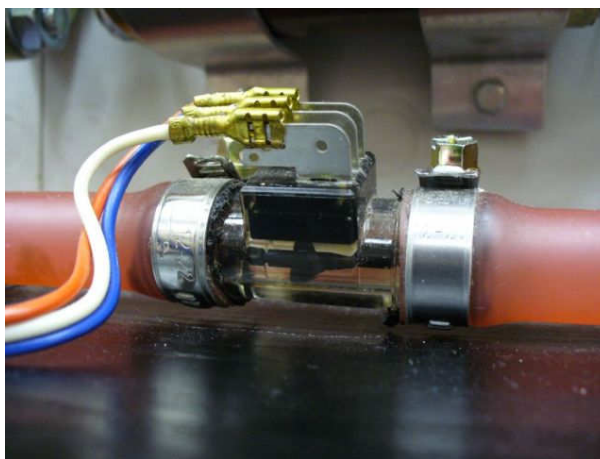
Výhodou tohoto způsobu měření je především to, že nevzniká skoro žádná tlaková ztráta (pouze desítky Pa). Měření neovlivňuje viskozita, teplota, hustota, tlak ani složení

kapaliny, která může obsahovat pevné částice. Měření lze provádět oběma směry, není proto určen směr průtoku. Přístroje dosahují vysokých přesností (až 0,25%), s velmi rychlou odezvou (1 ms).

Používají se především na potrubí od 2,5 až 3000mm. Vnitřní části dokáží odolávat páře i chemicky agresivním látkám, protože jejich vnitřní části jsou složeny z odolných materiálů, např. keramiky, plastu, skla atd.. V průtokoměru se nenachází ani jedna mechanická pohyblivá část. [3], [5]

2.1.3 Turbínový (lopatkový) průtokoměr

Tento způsob měření objevil v 18. století Reinhart Woltman, proto patří mezi nejstarší způsoby měření průtoku. Proudící tekutina uvádí do pohybu mechanický prvek na hřídeli (lopatkový rotor). Tento rotor obsahuje lopatky a je uložen v ose průtoku tekutiny. Měření probíhá měřením senzoru polohy, který snímá počet procházejících lopatek. Na rotoru může být 6 – 20 lopatek. Měřený objem odpovídá proteklému množství a není závislý na hmotnosti tekutiny. Ze senzoru jsou výstupem pulsy, které dále upravujeme a zesilujeme. Měříme frekvenci, která odpovídá proteklému množství objemového průtoku. Tyto průtokoměry spolehlivě pracují v rozmezí Reynoldsových čísel 4000 až 20000.



Obr.06: Turbínový průtokoměr v modelu

Pro měření je nejčastěji použit indukční snímač, který snímá otáčky změnou magnetického toku při průchodu pod čidlem. Senzor vytváří pulsy napětí. Při pomalém otáčení vzniká pokles amplitudy impulsů. Při rychlém otáčení vzniká vzájemné ovlivňování magnetů.

Dále můžeme použít kapacitní snímání polohy, ale je třeba snímač zapojit do můstku. V můstku při průchodu lopatky dochází k rozladování, které se převede demodulací na pulsy.

Tabulka VI: Rozsahy tekutin pro turbínové (lopatkové) průtokoměry

	Teplota [°C]		Průměr [mm]	Tlak [MPa]	Průtok	
Kapaliny	od -200°C	do 200°C	5 až 70	do 32	od 1,5 l/min	do 100 m ³ /h
Plyny	od -200°C	do 200°C	5 až 70	do 32	od 1,5 l/min	do 100 m ³ /h

K největším nevýhodám lopatkových průtokoměrů patří mechanická část (ložisko). Toto ložisko se opotřebovává vlivem proudící kapaliny. Další nevýhodou je, že neměří od nuly a má problémy měřit pomalé průtoky do 1,5 l/min. [3], [5]

3 VIRTUÁLNÍ INSTRUMENTACE

3.1 Úvod

S rychlým rozvojem výpočetní techniky se začínají objevovat nové technologie využívající virtuální prostředí. S tímto rozvojem stoupá také poptávka po nových uplatněních této technologie, a to nejen v průmyslu, ale také v ostatních odvětvích, jako jsou například virtuální obchody. V průmyslu byly dříve měřicí přístroje značně omezeny výrobci. V zařízení se nenacházel žádný procesor, neměli komunikační rozhraní, a proto se musel uživatel spokojit pouze s omezeným výběrem funkcí výrobce. S rozvojem nových technologií se začala rozvíjet měřicí zařízení, která si mohl každý uživatel nastavovat podle své potřeby. Na tento rozvoj reagovala i americká firma National Instruments Corporation, která se tím začala zabývat. Firma vyrábí jak svůj vlastní hardware, tak i software. Tím, že se zabývá těmito dvěma částmi, vytváří dokonalou kompatibilitu mezi HW a SW. Konstrukce zobrazování a řízení procesů se výrazně zjednodušila. Snížila se cena i energetické nároky, naopak se zvýšila rychlost získání dat atd..

Tabulka VII: Srovnání vlastností virtuálního a klasického přístroje

Klasický měřicí přístroj	Virtuální měřicí přístroj
Funkce přístroje definuje výrobce	Funkce přístroje definuje uživatel
Specializačně zaměřený systém, omezené možnosti komunikace	Flexibilní systém s jednoduchou možností různých druhů komunikace
Klíčová role specializovaného, jednoúčelového hardware	Univerzální hardware, klíčovou roli hraje software
Vyšší náklady	Nízká cena, za předpokladu modifikace vícenásobné použití hardware
Uzavřená architektura, neměnné funkce	Otevřená architektura, modifikovatelnost

3.2 Virtuální přístroj

Virtuální přístroj se dá rozdělit do tří částí, které tvoří jeden celek.

3.2.1 Sběr dat

Pro sběr dat se využívají jak technické, tak programové prostředky. Komunikace probíhá prostřednictvím měřicích karet, které jsou připojeny na sběrnici PC pomocí A/D a

D/A převodníků. Připojení HW komunikace je provedeno přes běžné rozhraní měřicích přístrojů, a to především RS232, USB, Wifi, GPIB a Ethernet.

3.2.2 Analýza (zpracování) dat

Tuto část provádí program v PC. Získaná data upravuje za pomoci různých matematických metod, které odstraní nežádoucí části měření (šumy). Čistá data dále převádí na další veličiny, např. proud na průtok.

3.2.3 Presentace dat

Získaná data z předchozí části programu dále zpracovává a přenáší na výstup (tisk). Velkou výhodou je, že uživatel si může vše nastavit, např. může být zobrazeno více průběhů signálu v grafu. Všechny získané hodnoty si může libovolně volit. [10]

3.3 Hardware

Firma NI má širokou část produktů pro sběr dat. Snaží se především zjednodušit a zrychlit získávání dat z procesu. Může využít obrovské množství I a O. Všechn HW je jednoduše ovládaný z LabVIEW za pomoci NI-DAQmx. Tento ovladač umožňuje ovládat cca 200 zařízení pro sběr dat přes sběrnice USB, PCI, PCI Express, PXI, PXI Express, Wireless a Ethernet. Většina vytvořených přístrojů je modulárního typu. Jako další přístrojové prvky mohou být připojeny třeba PLC, které mají veliké využití v průmyslu, a to především pro jejich spolehlivost v nepříznivých podmínkách. Každý samostatný typ HW obsahuje vlastní řídicí SW pro snadné použití v LabVIEW. Na webu v IDNet můžeme najít veškeré přístrojové ovladače. [9] [10]

Nejčastěji využívaný hardware:

- Digitální multimetry
- High-Speed digitizéry (osciloscropy)
- RF analyzátory signálů
- RF generátory signálů
- Generátory signálů
- High-Speed digitální I / O
- Přepínače
- Programovatelné zdroje
- Kamerové systémy

3.4 Software

Jedná se o grafické prostředí, které umožňuje uživateli rychlé propojení s měřeným procesem. Umožňuje například rychle zobrazit potřebná data a dále je zpracovávat. Pomocí SW mohou vývojáři vytvářet testovací systémy. Umožňuje snadnou obsluhu a velkou flexibilitu pro plnění různých požadavků pro celou řadu aplikací. Vytvořený systém lze velmi rychle rozšířit jak softwarově, tak hardwarově. [10]

3.4.1 LabVIEW

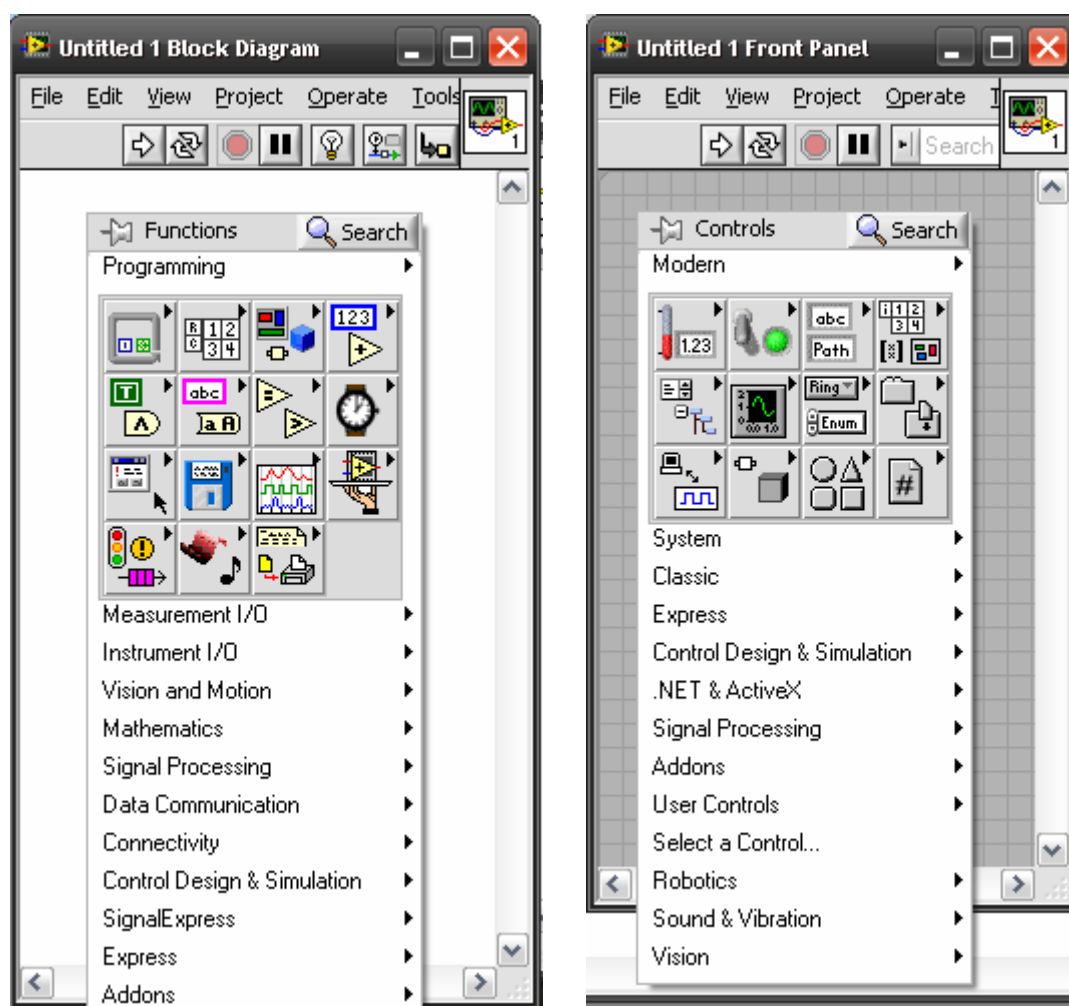
Toto grafické programovací prostředí umožňuje vědcům a inženýrům vyvíjet promyšlená měření, testovací a kontrolní systémy. Programování by mělo být intuitivní skládání grafických částí, které se poté propojí navzájem vazbami. Celá část programu pak vypadá jako vývojový diagram. Dále nabízí tisíce množství propojení s HW a nabízí i stovky vestavěných knihoven pro analýzu a vizualizaci naměřených dat. Tuto platformu je možné dělit na více částí a také ji můžeme využít na mnoha OS (Windows, Mac, Linux, atd.). LabView využívá programovací metody drag-and-drop, kde místo klasické metody psaní zdrojového kódu skládá pouze vytvořené bloky, které si může uživatel dále rozvíjet. Velká výhoda tohoto řešení spočívá nejen v rychlosti tvorby aplikace, ale i v rychlém rozšíření aplikace o nové funkce. Z vývojového diagramu naskládaných oken jsme schopni rychle pochopit funkci celého programu.

Pro připojení HW se využívá metody plug-and-play, takže po připojení zařízení do systému může hned pracovat. Přístroje využívají hlavní standardy pro ovládání a to GPIB, Serial (RS232, RS485, RS422), USB, VXI, PXI, Ethernet, IEEE 1394, VISA, Modbus, a OPC Servery. LabVIEW má velkou hardwarovou i softwarovou podporu na stránkách NI. [9], [10], [11]

3.4.2 Programovací prostředí

Při vytváření nového VI v programu LabVIEW se zobrazí dvě pracovní plochy. První z nich se jmenuje Front Panel. Toto okno umožňuje rozmístit ovládací a zobrazovací prvky virtuálního přístroje. Všechny prvky vybíráme z nabídky Controls. Naskládané prvky určí, jak bude vypadat vytvořené uživatelské rozhraní.

Druhá část se jmenuje Block Diagram. Toto okno slouží k vlastnímu vytvoření programu. Všechny prvky můžeme najít v nabídce Function. Vkládání probíhá pomocí metody drag-and-drop. Poskládané prvky propojujeme vazbami, až vznikne celý program. Je nezbytné využívat nápovědy, nápověda usnadňuje vytváření vlastního programu. [10], [11]



Obr.07: Block diagram a Front panel

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Stávající úloha

V laboratoři senzorů a měření neelektrických veličin se nachází laboratorní úloha měření průtoku kapalin. Úloha je složena ze tří snímačů, které jsou propojeny hadicemi. Uvnitř modelu je jako měřená kapalina obyčejná voda. Na začátku potrubí je ruční ovládací prvek, který ovládá průtok média (vody) celou soustavou.

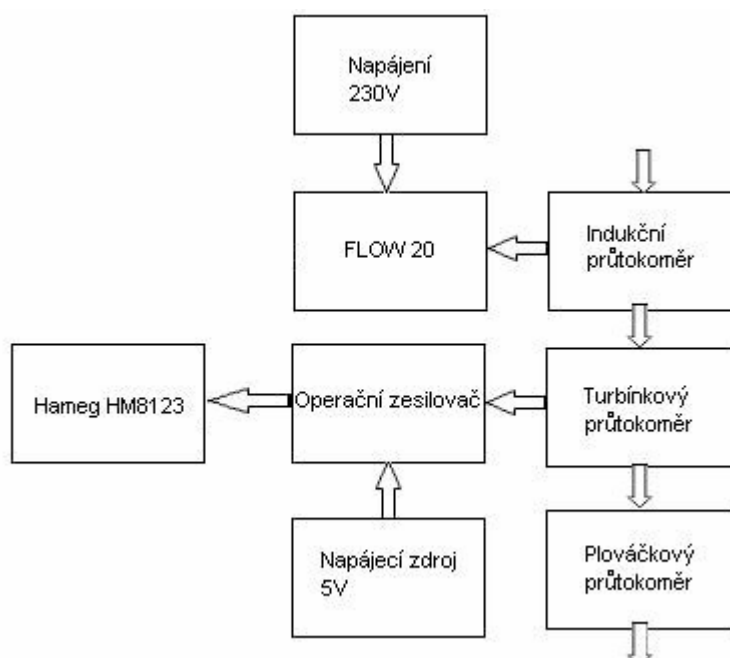
První snímač v okruhu je lopatkový. Lopatkový průtokoměr využívá principu Hallova jevu, kde v jedné lopatce je umístěn magnet a při otáčení se naindukuje napětí na Hallovu snímáči. Toto napětí je příliš malé, a proto jsme nuceni jej zesílit pomocí OZ. Proto model obsahuje i napájecí zdroj. Signál ze zesilovače proudí do čítače od firmy HAMEG HM8123. Zde jsou zobrazeny pulsy, které jsou dále převedeny na průtok.

Jako další se v okruhu nachází indukční průtokoměr. Indukční průtokoměr je největší ze všech senzorů na modelu, a to především kvůli jeho velikosti měřicích cívek. Cívka obklopuje celé potrubí. Uvnitř probíhá magnetická indukce, která působí kolmo na směr proudění vody. Touto metodou dokáže měřit rychlost proudění. U průtokoměru se nachází vyhodnocovací jednotka FLOW 20 od firmy COMAC CAL, která ukazuje protečené množství vody. Nevýhodou všech indukčních snímačů je, že médium musí mít vždy vyšší rychlost, jinak ji senzor nezaznamená. Dále musí být celé potrubí zaplněno vodou.

Poslední snímač je plováčkový. Je složen ze skla, které má kuželovitý tvar. Směr vody v kuželovitém válci protéká vždy zespodu nahoru. Kapalina při proudění nadnáší plováček, kde jeho výška je úměrná rychlosti proudění tekutiny. Tento průtokoměr má dokonce dva plováčky. Hodnotu průtoku vidíme na snímáči.



Obr.08: Model v laboratoři

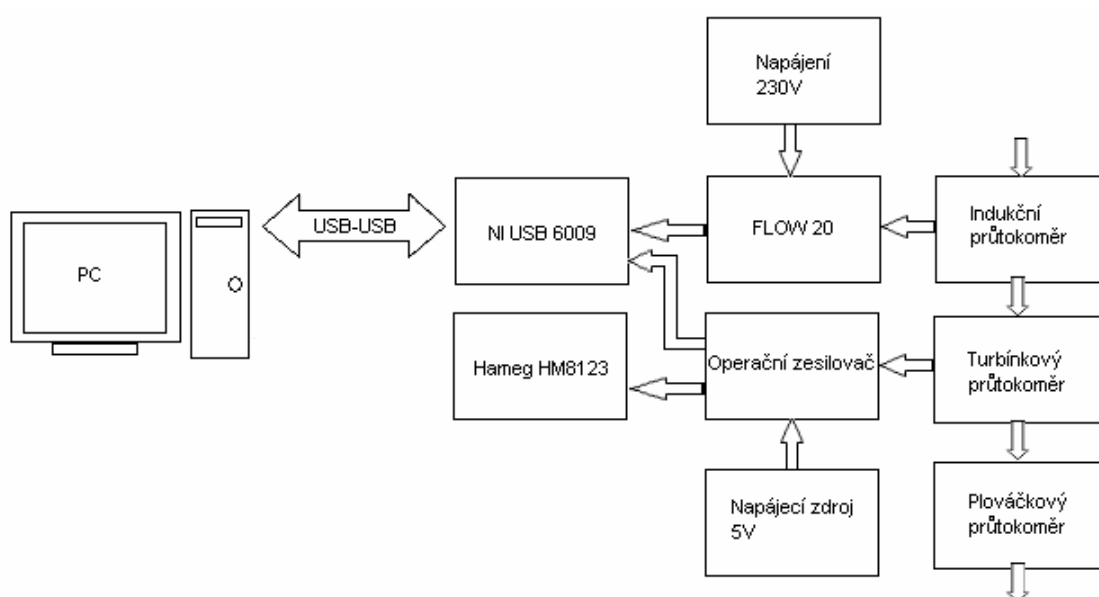


Obr.09: Blokové schéma modelu

4.2 Návrh řešení s využitím virtuální instrumentace

4.2.1 První návrh řešení

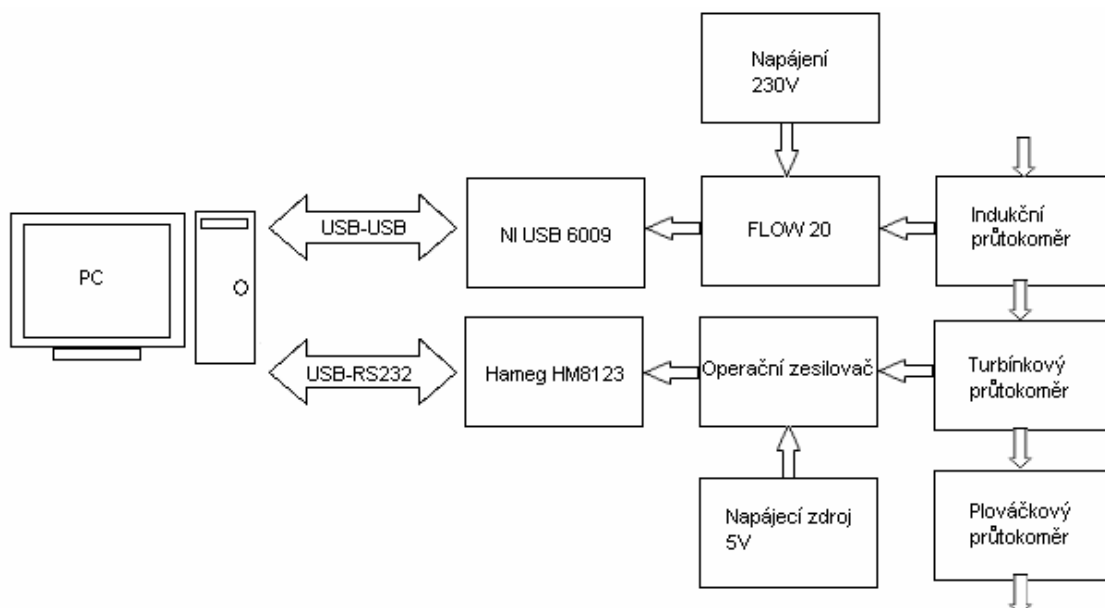
K měření bude přidán PC na kterém poběží program v LabVIEW. Počítač bude propojen s univerzální měřicí kartou NI USB 6009. Propojení bude provedeno pomocí USB rozhraní. Do měřicí karty budou přivedeny dva signály. První z indukčního průtokoměru, druhý z průtokoměru turbínového. Program v počítači bude zpracovávat naměřená data z karty. Data uloží v takovém formátu, aby s nimi bylo nadále možné pracovat.



Obr.10: Blokové schéma návrhu 1

4.2.2 Druhý návrh řešení

K stávajícímu měření bude přidán PC, na kterém poběží program v LabVIEW. Počítač bude propojen s univerzální měřicí kartou NI USB 6009 a programovatelným čítačem HAMEG HM8123. Karta bude spojena s počítačem pomocí USB rozhraní a čítač bude propojen přes USB-RS232. Do měřicí karty bude přiveden měřený signál z indukčního průtokoměru přes jednotku FLOW 20. Program v počítači bude zpracovávat naměřená data z karty. Data uloží v takovém formátu, aby s nimi bylo nadále možné pracovat.



Obr.11: Blokové schéma návrhu 2

4.3 Použité přístroje a jejich parametry

4.3.1 Měřicí karta NI USB 6009

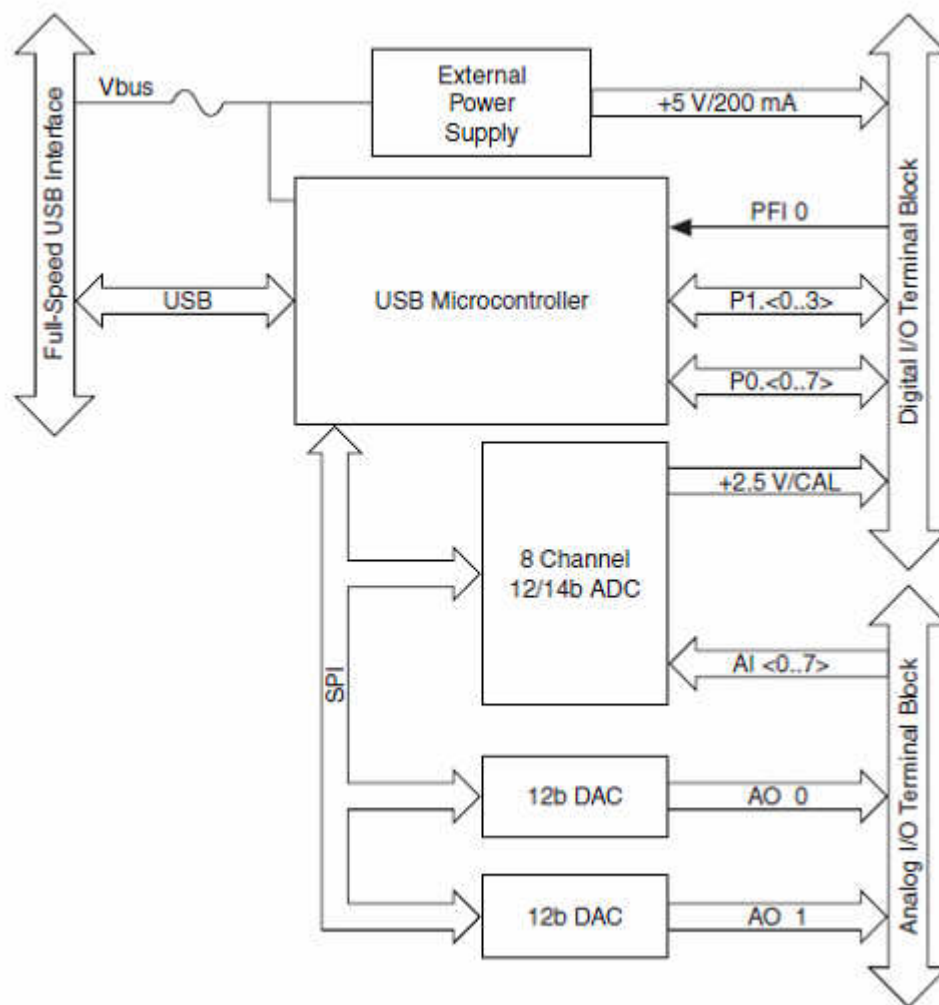
Jedná se o multifunkční měřicí kartu. Karta slouží pro jednoduchý záznam dat; byla vyvinuta především pro mobilní měření, o čemž vypovídá i její velikost.



Obr.12: Měřicí karta NI USB 6009

Karta umožňuje práci jak s analogovými, tak s číslicovými signály. Hardware je připojen přes vysokorychlostní rozhraní USB. Komunikační propojení má v sobě i

napájení, a proto odpadá použití externího napájecího zdroje, což je důležitá výhoda tohoto zařízení. Na obrázku můžeme vidět vnitřní blokové zapojení měřicí karty. Všechna data, která jsou posílána do PC musí být v digitální podobě, takže u analogových vstupů je použit A/D převodník.



Obr.13: Blokový diagram zařízení [9], [11]

Měřicí karta obsahuje i kanály, ze kterých lze odebírat napětí +2,5 V a +5 V (max 200 mA). Karta obsahuje dva analogové výstupy s pevným napětím 0 – 5 V a je vybavena 12 bitovým převodníkem. Dále lze využít 8 analogových vstupů s jejich maximální vzorkovací frekvencí 48 kS/s.

Analogové vstupy je možné zapojit dvěma způsoby. První je 8 nesymetrických kanálů, které jsou vztaženy ke společné zemi GND. V LabVIEW označen zkratkou RSE, (single-ended). Druhý způsob jsou 4 symetrické kanály, které měří rozdíly napětí mezi dvěma kanály. V LabVIEW jsou označeny zkratkou DIFF (differential).

Dále má karta 12 digitálních kanálů, které jsou obousměrné. Obsahuje i vstupní port s jedním čítačem o rozsahu 32 bitů. [9], [11]

Tabulka VIII: Popis signálů měřicí karty

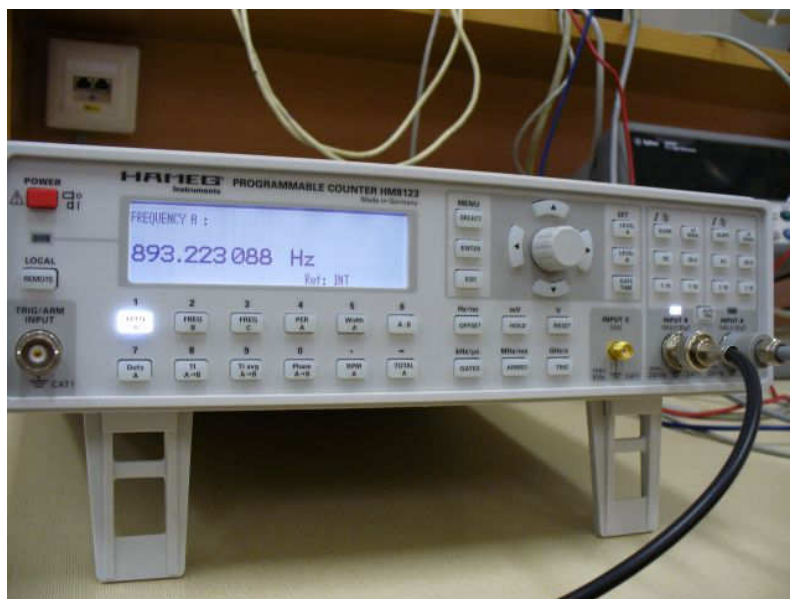
Název	Typ portu	Popis
GND		Uzemnění, GND
AI<0...7>	Vstup	8x vstup, vzorkování 48kS/s, 14 bitový A/D
A0<0,1>	Výstup	2x výstup, 0-5V, 12 bitový D/A
P1.<0...3>	Vstup/výstup	digitální V/V
P0.<0...7	Vstup/výstup	digitální V/V
2,5 V	Výstup	zdroj napětí
5 V	Výstup	zdroj napětí (max. 200mA)
PFI 0	Vstup	32 bitový čítač

4.3.2 Čítač HAMEG HM8123

Jedná se o programovatelný čítač HM8123. Toto zařízení firmy HAMEG patří do výrobní série 8100. Série se vyznačuje velkou měřicí přesností. Je vhodná pro laboratorní použití. Každé zařízení je vyrobeno s komunikačním rozhraním RS232. Ostatní lze dokoupit v podobě modulů. Abychom mohli toto zařízení použít, musíme zjistit, zda je podporováno ovladačem pro LabVIEW. Na domovských stránkách nalezneme tento ovladač. Proto bylo zvoleno druhé navrhované řešení.

Vlastnosti zařízení:

- Frekvenční rozsah 0 Hz ...2,6 GHz
- 3 vstupy
- Vstupní citlivost do 20 mV
- Komunikační rozhraní RS232 (USB,GPIB)
- Časová základna 400 MHz
- 9 měřících funkcí



Obr.14: Čítač HAMEG HM8123

5 PROGRAM V PROSTŘEDÍ LABVIEW

Program bude vytvořený v prostředí LabVIEW10 od firmy NI. Vzniklý program bude sloužit pro měření průtoku v laboratoři senzorů a měření neelektrických veličin.

5.1 Požadavky na program

5.1.1 Konfigurace měřicí karty NI USB 6009

- volba vstupního kanálu
- volba typu zapojení vstupu
 - DIFF, differential, měří rozdíl napětí mezi dvěma kanály
 - RSE, single-ended, měří napětí proti svorce AGND
- volba rozsahu (10..0..-10)
- volba periody vzorkování
- typ měření (kontinuální)

5.1.2 Konfigurace čítače HAMEG HM8123

- nastavení komunikace
- vytvoření dotazu

5.1.3 Zpracování naměřených dat

- konstanty rozsahu
- volba jednotky (objem, hmotnost)
- nastavení hustoty kapaliny
- zobrazení hodnot do grafu
- zobrazení hodnot do tabulky

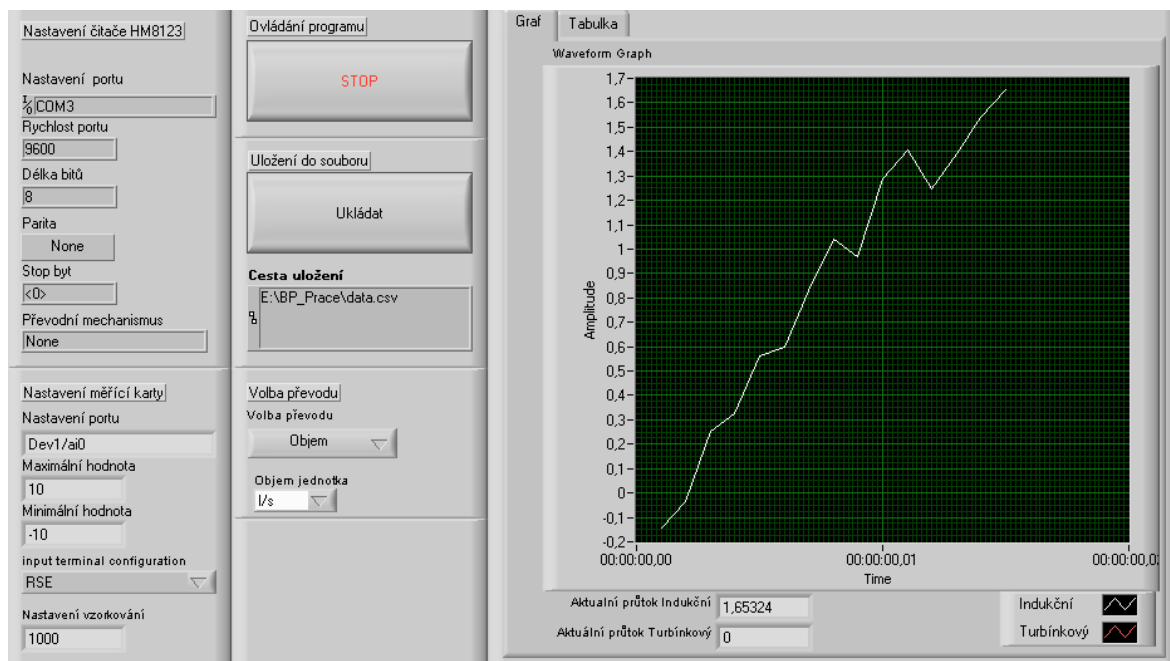
5.1.4 Ukládání dat

- hlavička a popisky veličin
- ukládání do souboru

5.2 Ovládání programu

Při spuštění programu se načte inicializační soubor, který nastaví hardware na měřicích zařízeních. Program nastaví parametry portu, rozsah, rychlost atd.. Měření bude probíhat kontinuálně, takže program poběží pořád, dokud ho nikdo neukončí. Při chodu programu uživatel může vyplnit, kde bude chtít ukládat měřená data a zvolí si volbu převodu jednotky. Po provedení následující části můžeme začít ukládat tlačítkem Ukládat.

Po zmáčknutí se začne ukládat zobrazená část v grafu do souboru. Měřené hodnoty se zobrazují jak v grafu, tak v tabulce. S uloženými daty lze nadále pracovat třeba v tabulkovém nebo v jakémkoliv textovém editoru. Pro ukončení ukládání stiskneme totéž tlačítko. Program pokračuje v měření a ukončí se, až bude stisknuto tlačítko STOP.



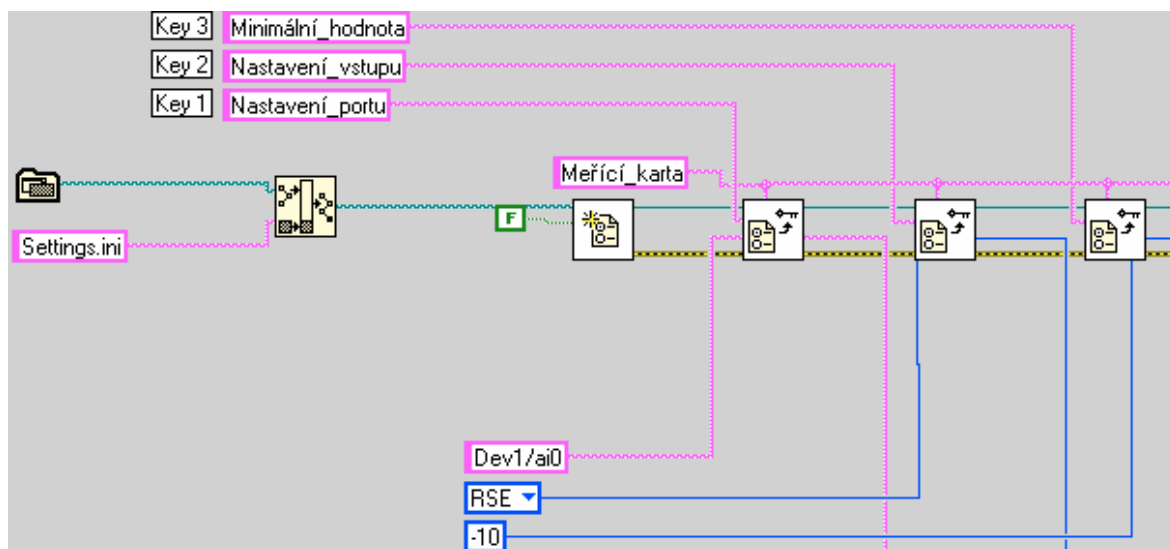
Obr.15: Uživatelské rozhraní

5.3 Rozdělení částí programu

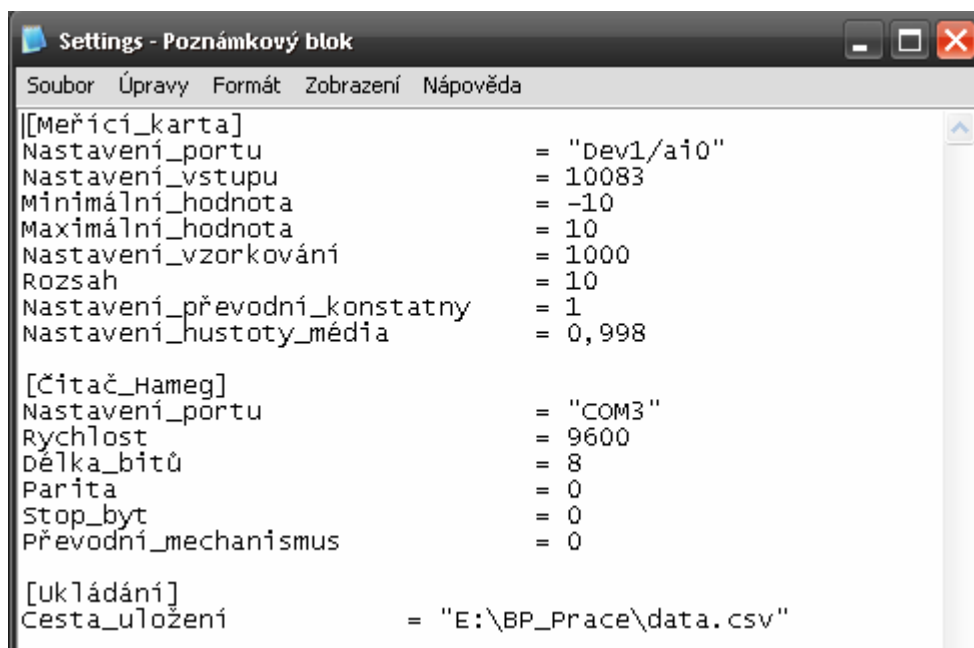
Základní část celého programu tvoří struktura Sekvence, která zajišťuje postupné provádění programu. Struktura je složena ze tří částí, které zajistí bezproblémový chod aplikace. Předávání dat mezi částmi programu musí být provedeno přes lokální proměnné, aby byly viditelné pro další části programu.

5.3.1 Načítání inicializačních dat

První část tvoří sekvence, která se provede při spuštění programu hned na jejím začátku. Načte data z inicializačního souboru uloženého ve stejné složce, jako je program. Tato data nastaví měřicí HW měřicí karty. Určí jaké porty má použít, o jakém rozsahu a jaký typ měření (RSE, DIFF). Dále nastaví i nastavení vzorkovací frekvence. Kdyby sekvence nenalezla inicializační soubor, jsou připraveny i výchozí hodnoty, které se načtou místo souboru. Je tak zaručeno, ať už soubor existuje či nikoliv, že vždy se karta nastaví. Soubor lze otevřít v textovém editoru, kde je možné přednastavit hodnoty.



Obr.16: Část programu načítání inicializace



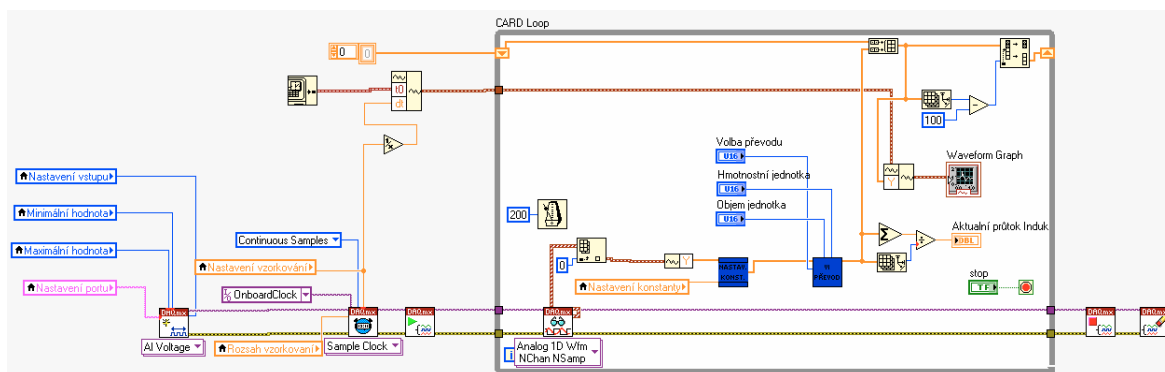
Obr.17: Data v inicializačním souboru

5.3.2 Hlavní část

V této sekvenci je vložena hlavní část programu, která řeší načítání dat, jejich úpravu a zápis do souboru. Je rozdělena do tří smyček While, kde každá z nich se stará o jednu část programu.

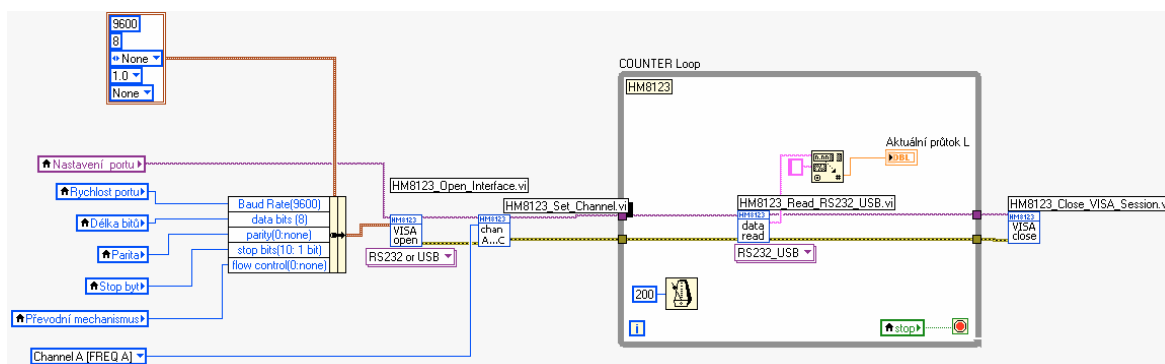
V první smyčce se provádí sběr dat z měřicí karty NI USB 6009. Před smyčkou je část programu, kterou nastavujeme hardwarové parametry měřicího zařízení. Určíme její port vstupu pro data ze snímače indukčního průtoku a nastavíme další parametry, jako je rozsah, kde určíme max. a min. hodnoty. Musíme zvolit typ zapojení vstupů, a to jestli se

jedná o nesymetrické či symetrické zapojení. Další blok řeší časování, kde nastavíme, jak by se měly snímat měřená data. Typ vzorkování nastavíme na continual, aby snímání probíhalo dokola. Důležité je správné nastavení vzorkovacího rozsahu, na němž závisí kvalita přesnosti měření. Ve smyčce je část, která snímá data na nastaveném HW zařízení. Na prvním bloku DAQmx Read musí být nastaven výstupní formát dat. Výstupní data se nachází v datovém svazku waveform. Abychom získali, data musíme jej transformovat na jednotlivé prvky pomocí waveform component, která nám umožní vytáhnout naměřené hodnoty v 1D poli. Po získání těchto dat nastaví další část, a to úprava vzorku. Každý naměřený vzorek vstoupí do vytvořeného bloku nastavení konstanty VI, kde bude ke stávajícím vzorkům přidána hodnota rozsahu. Po převedení hodnoty vstupují do převodního VI provádějícího převod na fyzikální jednotky objemu nebo hmotnosti. Data odesílá pomocí paměti do smyčky ukládání, v níž probíhá další zpracování.



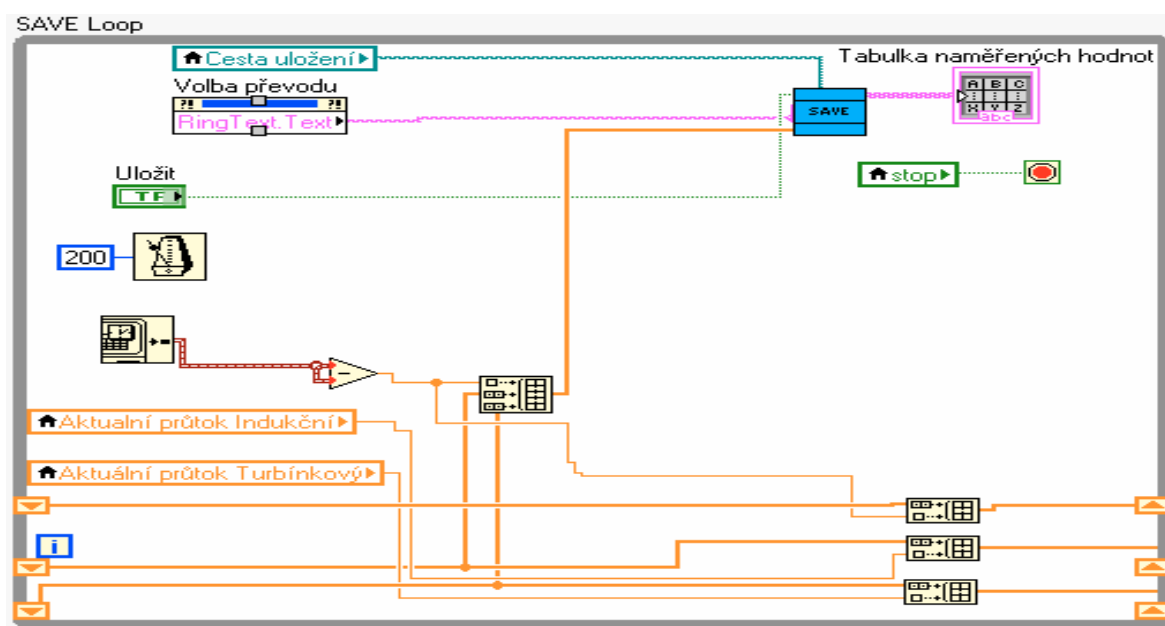
Obr.18: Smyčka pro ovládání měřicí karty NI USB 8009

Druhá smyčka řeší získávání dat z čítače HAMEG HM8123. Pro použití tohoto přístroje je potřeba zjistit, zda má podporu v LabVIEW. Spojení mezi měřicím zařízením a vyhodnocovacím PC bude zajištěno pomocí převodníku RS232/USB. Na stránkách výrobce jsem stáhl ovladač, složený z bloků VI. V přední části probíhá nastavení měřicího hardwaru. Hned za ním následuje blok s nastavením zvoleného kanálu, v mém případě channel B. Uvnitř smyčky probíhá čtení dat ze zvoleného kanálu. Data jsou odesílána do ukládací smyčky pomocí globálních proměnných. Po provedení smyčky se ukončí čtení a zavře se komunikace.



Obr.19: Smyčka pro ovládání přístroje HAMEG

Data jsou mezi smyčkami posílána přes globální proměnné, a to z toho důvodu abychom zajistili paralelní běh smyček. V poslední smyčce probíhá ukládání naměřených dat do souboru. Při zmáčknutí tlačítka Ukládat bude program ukládat data do souboru. Při vymáčknutí se ukončí sběr dat. Data jsou průběžně ukládána do tabulky. Soubor je možné otevřít v textovém nebo tabulkovém editoru.



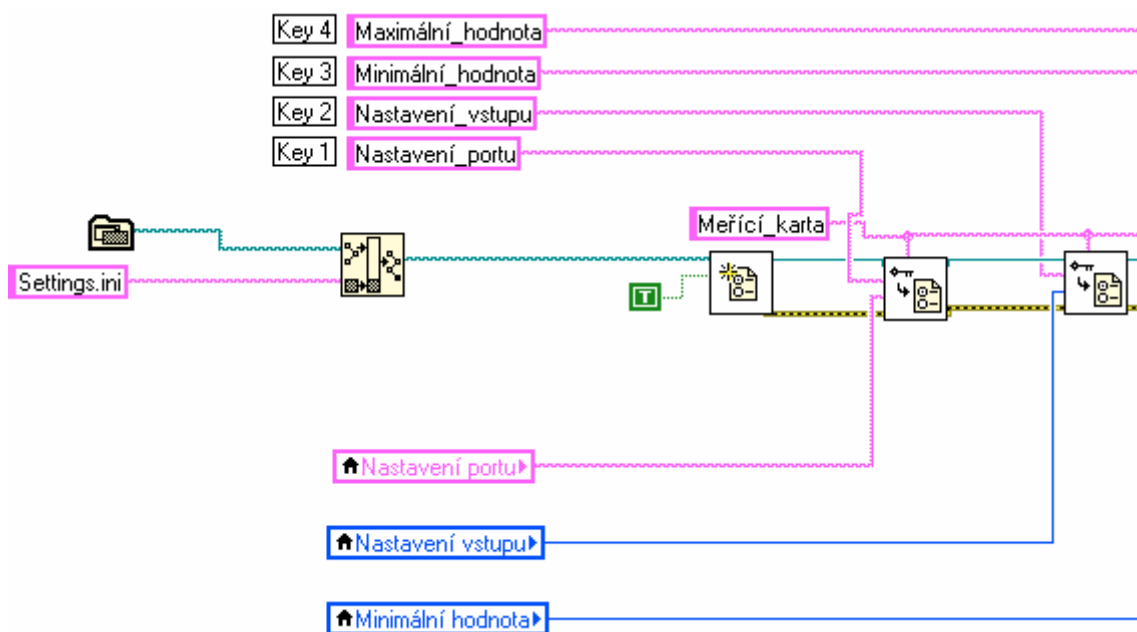
Obr.20: Smyčka pro ukládání

Tabulka IX: Vzor uložených dat

Čas	Indukční snímač	Lopatkový snímač
	Objem	Objem
	[l/s]	[l/s]
35,5	0,244	0
35,7	0,232	0
35,9	0,278	0
36,1	0,240	0
36,3	0,237	0
36,5	0,227	0

5.3.3 Ukládání změn do inicializačního souboru

Po ukončení předcházející části tato část programu uloží všechny vzniklé změny v měření do stejného inicializačního souboru. Při dalším spuštění programu budou nastaveny tyto volby. Výhoda inicializačních souborů spočívá v tom, že když příště spustíme měření, hodnoty se hned nastaví a nebudeme je muset zdlouhavě doplňovat ručně.



Obr.21: Část programu ukládání inicializace

5.4 Nastavení karty v PC

O toto nastavení se postará software od NI, který se nainstaluje zároveň s LabVIEW.

5.4.1 DAQ (Data Acquisition)

Je to systém, který umožňuje rychle získávat a vyhodnocovat naměřená data. Pomocí DAQ jsme schopni vytvořit virtuální měřicí přístroj. Jeho hlavní charakteristikou je kombinace technického a programového vybavení, které umožňuje uživateli vytvářet různá definovaná řešení. Umožňuje propojit HW zařízení, např. měřicí karty pomocí různých sběrnic a rozhraní, jako jsou USB, PCI, GPIB a další průmyslová rozhraní. V mém případě zajišťuje komunikaci mezi PC a měřicí kartou, propojenou s PC přes USB. Propojení mezi čítačem HAMEG HM8123 a PC je realizováno přes RS232/USB převodník. [11]

5.4.2 MAX (Measurement and Automation Explorer)

Tento systém umožňuje konfiguraci zařízení v operačním systému Windows. MAX čte informace v ovladači zařízení v registrech OS Windows a snaží se přiřadit zařízení logické jméno, které je důležité pro propojení s prostředím LabVIEW. Slouží jako konfigurační nástroj pro DAQ, kde určuje nastavení I/O, rozsahy a další parametry. Umožňuje zjistit chování měřicího zařízení, aniž by bylo skutečně připojeno. V podstatě můžeme nasimulovat, zda by reálné zařízení fungovalo tak, jak má. [11]

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit program pro modernizaci úlohy měření průtoku kapalin v laboratoři senzorů a měření neelektrických veličin s použitím prostředků virtuální instrumentace.

V první části této práce byly stručně popsány základní teoretické znalosti z oblasti měření tekutin. Je důležité pochopit jejich fyzikální vlastnosti, které jsou důležité pro správný výběr snímače. Dále bylo nezbytné se seznámit s Reynoldsovým číslem, které určuje typ proudění a je rovněž rozhodující pro správnou volbu snímače

Další a nejdůležitější částí je vhodný výběr měřicí metody pro měření průtoku. V modelu je použita rychlostní metoda, kterou využívá k měření lopatkový průtokoměr, objemová metoda je využita indukčním průtokoměrem.

Se znalostmi teorie první a druhé části jsem se mohl začít zabývat virtuální instrumentací. V této části jsou popsány rozdíly mezi obyčejným měřicím přístrojem a virtuálním přístrojem.

Ze dvou způsobů měření byl vybrán návrh druhý, protože umožňoval použití i v dalších laboratorních úlohách. Kvůli jeho realizaci bylo zapotřebí zjistit všechny důležité informace o SW a HW.

Na počítači byla navržena aplikace v LabVIEW10, která zprostředkovává graficko-uživatelské rozhraní. Rozhraní umožňuje zobrazovat naměřené hodnoty aktuálního průtoku jednotlivých snímačů. Aplikace provádí s naměřenými hodnotami zvolené úpravy přepočtu na hmotnostní a objemový průtok. Program získaná data zobrazuje do grafu a tabulky, která se ukládá do souboru. Soubor lze jednoduše otevřít v textovém i tabulkovém editoru.

Aplikace může být rozšířena o měření plováčkového průtokoměru. Po zvolení měřené fyzikální veličiny by se mohlo měření provádět bezkontaktně, odporovým, induktivním, kapacitním nebo fotoelektrickým senzorem.

Při návrhu aplikace jsem zvolil nepříliš vhodnou metodu předávání dat. Docházelo k rychlejšímu sběru dat ze smyčky měřicí karty než ze smyčky s čítačem. Zvolená metoda nemá synchronizaci, proto jsem byl nucen problém řešit použitím časové synchronizace, při níž dochází k brždění smyček. Jelikož jsem pozdě zjistil, že jsem použil nedokonalou metodu, nedokázal jsem v časové tísní problém řešit vhodnějším způsobem.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ORLÍKOVÁ, Soňa . Tzb-info [online]. BRNO : Ústav automatizace, měření a kybernetiky VUT Brno, 4.2.2008 , 2008 [cit. 2011-01-09]. Měření průtoku tekutin . Dostupné z WWW: <www.tzb-info.cz>. ISSN 1801-4399.
- [2] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. 2002, 10. 11. 2010 [cit. 2010-15-11]. Tekutina - Wikipedie, otevřená encyklopedie. Dostupné z WWW: <www.wikipedia.cz>.
- [3] BEJČEK, Ludvík; ĎAŘO, Stanislav; PLATIL , Antonín. Měření průtoku a výšky hladiny : Senzory neelektrických veličin. 1. Praha : BEN, 2006. 448 s. ISBN 80-7300-156-X, EAN 9788073001568.
- [4] HRUŠKA, František. Technické prostředky automatizace IV. třetí. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. Měření průtoku a množství tekutin, s. 108. ISBN 80-7318-274-2.
- [5] HRUŠKA, František. Technické prostředky automatizace III. druhé. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. s. 118. ISBN 80-7318-315-3.
- [6] KRÁL, Jiří, et al. Měření průtoku a množství tekutin. 1977. Praha : ČVTS - dům techniky Praha, 1977. 178 s. č.pub.57-406-77(1425).
- [7] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. 2002, 6. 4. 2010 [cit. 2010-15-11]. Reynoldsovo číslo - Wikipedie, otevřená encyklopedie. Dostupné z WWW: <www.wikipedia.cz>.
- [8] JENČÍK, Josef . Principy měření průtoku a množství tekutin . Automa [online]. 2002, 2002, č. 02, [cit. 2011-01-09]. Dostupný z WWW: <www.odbornecasopisy.cz>. ISSN 1210-9592.
- [9] National Instruments : Test, measurement, and embedded systems for engineers and scientists [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <www.ni.com>.
- [10] ŽÍDEK, J. Virtuální instrumentace na bázi grafického programování. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2003. 125 s. ISBN 80-248-0298-8.
- [11] VLACH, J. - HAVLÍČEK, J. - VLACH, M. - VLACHOVÁ,V. Začínáme s LabVIEW. 1. vyd. Praha: BEN – Technická literatura, 2008. 247 s. ISBN 978-80-7300-245-9.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.01:	Laminární proudění.....	3
Obr.02:	Turbulentní proudění	3
Obr.03:	Řez potrubím a průběh tlakové difference před a za clonou.....	4
Obr.04:	Plováčkový průtokoměr v modelu a jeho schéma	10
Obr.05:	Indukční průtokoměr v modelu a jeho princip.....	11
Obr.06:	Turbínový průtokoměr v modelu	12
Obr.07:	Block diagram a Front panel.....	17
Obr.08:	Model v laboratoři	19
Obr.09:	Blokové schéma modelu	19
Obr.10:	Blokové schéma návrhu 1	20
Obr.11:	Blokové schéma návrhu 2.....	21
Obr.12:	Měřicí karta NI USB 6009	21
Obr.13:	Blokový diagram zařízení [9], [11].....	22
Obr.14:	Čítač HAMEG HM8123	24
Obr.15:	Uživatelské rozhraní	26
Obr.16:	Část programu načítání inicializace	27
Obr.17:	Data v inicializačním souboru	27
Obr.18:	Smyčka pro ovládání měřicí karty NI USB 8009	28
Obr.19:	Smyčka pro ovládání přístroje HAMEG	29
Obr.20:	Smyčka pro ukládání	29
Obr.21:	Část programu ukládání inicializace.....	30

SEZNAM TABULEK

Tabulka I:	Výběr průtokoměru pro danou aplikaci – Kapaliny	7
Tabulka II:	Výběr průtokoměru pro danou aplikaci – Plyny.....	7
Tabulka III:	Výběr průtokoměru pro danou aplikaci – Směsy	8
Tabulka IV:	Výběr průtokoměru pro danou aplikaci – Otevřené kanály.....	8
Tabulka V:	Rozsahy tekutin pro plováčkové průtokoměry	9
Tabulka VI:	Rozsahy tekutin pro turbínové (lopatkové) průtokoměry.....	13
Tabulka VII:	Srovnání vlastností virtuálního a klasického přístroje.....	14
Tabulka VIII:	Popis signálů měřicí karty.....	23
Tabulka IX:	Vzor uložených dat	30

SEZNAM PŘÍLOH

- P1: Uživatelské rozhraní programu
- P2: Funkce pro načtení inicializačního souboru
- P3: Hlavní část programu
- P4: Funkce pro uložení do ini souboru

